Beitrag zur Physiologie und Anatomie einiger im Wasser lebender Mammalier[1]

Von M. H. Blessing

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Düsseldorf, Direktor: Prof. Dr. H. Meessen

Eingang des Ms. 15. 1. 1968

Das Leben aller Mammalier und mit ihnen des Menschen beruht auf einer ungehinderten Atmung, d. h. dem aufeinanderfolgenden Wechsel von Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe der Lunge. Während bei allen Mammaliern der Gasaustausch in kurzen Abständen erfolgen muß, können Cetaceen und Pinnipedier über längere Zeit tauchen, d. h. ohne äußere Atmung auskommen. Dabei tritt weder der Tod ein, noch kommt es zu irreversiblen Gewebsschädigungen, wie es z. B. bei Menschen der Fall sein würde. Diese Tiere leben ganz oder zeitweise in einem Milieu, das nur bedingt geeignet ist zur Aufnahme des lebenswichtigen gasförmigen Sauerstoffs. Diese Erschwernis der äußeren Atmung sowie das Leben in einer Umgebung mit einer relativ hohen Salzkonzentration und einem dauernd schwankenden Außendruck bedürfen besonderer physiologischer Adaptationen und anatomischer Besonderheiten.

Seit den Untersuchungen des Physiologen Paul Bert wissen wir, daß bei der Ente und nach Experimenten von Scholander, daß beim Tümmler *(Tursiops truncatus)*, beim Seehund *(Phoca vitulina)* und Seelöwen *(Zalophus californianus)* besondere cardiovasculäre Regulationen während des Tauchvorganges dem akuten Sauerstoffmangel, d. h. dem Tod durch Ersticken und einer hypoxischen Gewebsschädigung entgegenwirken. Die Herzfrequenz dieser Tiere wird unter Wasser etwa um den Faktor 10 gesenkt. Eigene Beobachtungen über und unter Wasser schlafender Seehunde bestätigen diese Befunde. Richet wies nach, daß diese Bradycardie über den Vagus gesteuert wird. Irving beobachtete 1934 zusätzlich zu der Herzverlangsamung im Zustande des Tauchens eine Zentralisation des Kreislaufes dergestalt, daß die besonders sauerstoffempfindlichen Organe wie Herz und Gehirn selektiv mit oxygeniertem Blut durchströmt werden. Weniger empfindliche Organe dagegen, wie z. B. die Skelettmuskulatur, werden überhaupt nicht durchblutet. Aus Experimenten von Irving und Scholander sowie Irving und Mitarb. wissen wir, daß der zentrale Druck, d. h. der Blutdruck im Herz und Gehirn, während der Tauchbradycardie nicht abnimmt. In der Peripherie dagegen, wie z. B. in den Arterien der Extremitäten, ist beim getauchten Seehund der Blutdruck nicht mehr meßbar. Auch in anderen Körperorganen, wie dem Mesenterium und den Nieren (Murdaugh, Schmidt, Nielsen, Wood, Mitchell), deren Filtrationsleistung während des Tauchens vollständig erlischt, sistiert die Zirkulation. Ein Zeichen dafür, daß die Skelettmuskulatur während des Tauchens nicht durchblutet wird, besteht darin, daß die als anaerobes Stoffwechselprodukt gebildete Milchsäure erst dann aus dem Gewebe fortgeschwemmt wird und in die Zirkulation gelangt, wenn das Tier den ersten Atemzug über Wasser tut und die periphere Durchblutung wieder hergestellt wird (Scholander). Die Zentralisation des Kreislaufes bewirkt eine Herabsetzung des Gesamtstoffwechsels, die zu einer geringen aber deutlich meßbaren Senkung der Körper-

[1] Nach einem Referat, gehalten auf der 13. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Säugetierkunde vom 4. bis 9. Oktober 1967 in Bonn.

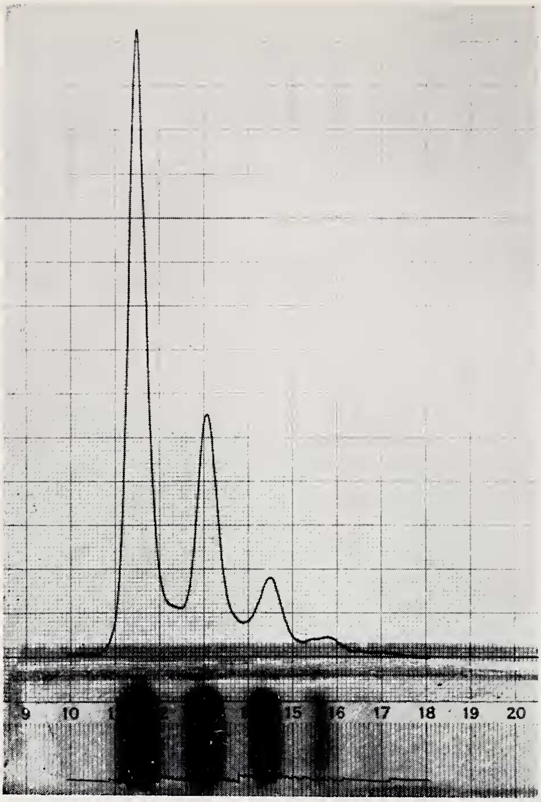


Abb. 1. Elektrophorese des mikroheterogenen Myoglobins des Seehundes *(Phoca vitulina)* auf Polyacrylamid (pH 9,1) und die dazugehörige Absorptionskurve

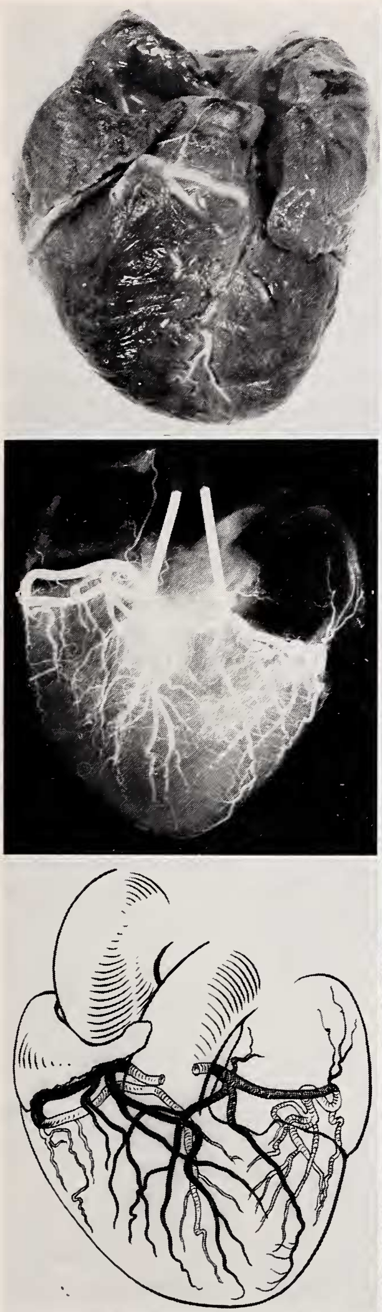
temperatur führt (ANDERSEN, SCHOLANDER, IRVING, GRINNELL). Die große Geschwindigkeit, mit der die Tauchtiere ihre Kreislaufregulationen durchführen müssen, deutet auf eine zentral-nervöse Steuerung hin. Van CITTERS und Mitarb. sowie FEIGL und Mitarb. konnten durch zentral-nervöse Stimulationen bei Enten und See-Elefanten ebenfalls eine solche Bradycardie erzeugen. Auf der anderen Seite ist die Ansprechbarkeit des Zentralnervensystems auf Kohlendioxyd, das sich während des Tauchens im Blute ansammelt, bei Seehunden relativ gering, Delphine sollen (nach Aussagen von LILLY) vollständig unempfindlich gegen diese Substanz sein. Auch der Mensch zeigt während der kurzen Zeit, die er befähigt ist, ohne Hilfsmittel zu tauchen, nach Untersuchungen von IRVING, ELSNER, WYSS und CRAIG eine gewisse Bradycardie und Zentralisation des Kreislaufes, die aber im Vergleich zu den Tauchtieren nicht sehr ausgeprägt ist. Nicht zuletzt ist es besonders der Anstieg der CO_2-Spannung im Blut, die den Menschen zur Atmung, d. h. zum Auftauchen zwingt. Die Verlangsamung der Herzfrequenz und die Zentralisation des Kreislaufes hängen nicht nur davon ab, daß die äußere Atmung unterbrochen wird, sondern, wie Versuche von BRICK, HUXLEY, ELSNER und ANDERSEN zeigen, spielt das Eintauchen des Kopfes in das Wasser für diese Kreislaufregulationen eine besondere Rolle. Während nach den Untersuchungen von ANDERSEN bei der Ente solche Rezeptoren im Bereich der Dorsalseite des Schnabels liegen sollen, wissen wir noch nichts über entsprechende Rezeptoren bei den Säugern.

Das außergewöhnliche Tauchvermögen der Cetaceen und Pinnipedier ist aber nicht

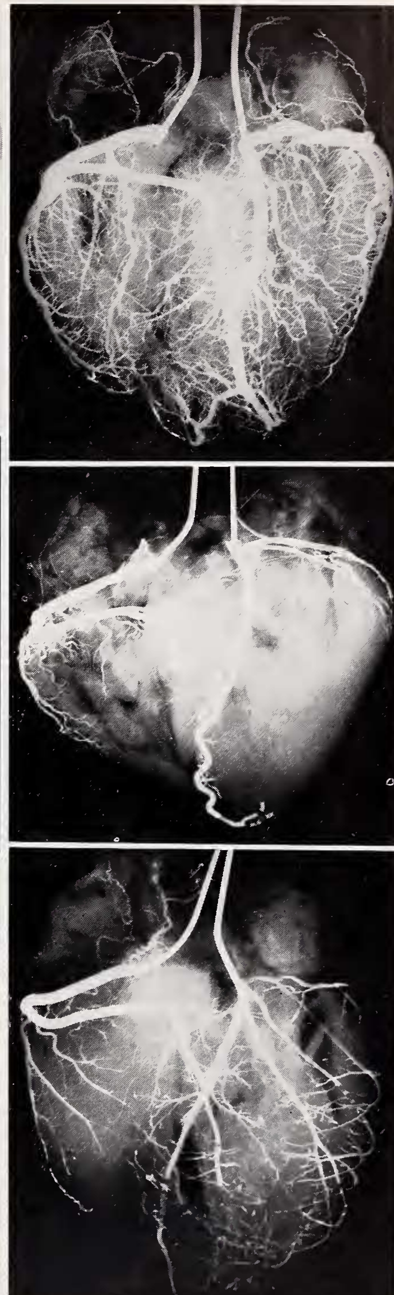
Myoglobingehalt der Skelettmuskulatur eines erwachsenen Seehundes

(in g % ohne Bindegewebe)

Rücken	19,36
Zwerchfell	17,92
Kaumuskulatur	4,59
(Mensch: Herzmuskel 1,4	Skelettmuskulatur 2,5)



a
b
c



a
b
c

Abb. 2 (links). Kontrastmitteldarstellung des Verlaufes der Coronararterien des Seehundes *(Phoca vitulina)* — a. Ventralansicht, b. Röntgenaufnahme, c. Schematische Rekonstruktion mit Darstellung des vor der Pulmonalarterie verlaufenden Astes der rechten Herzkranzarterie — *Abb. 3 (rechts).* Röntgenkontrastdarstellung der Herzkranzgefäße eines a. Zwergseebären *(Arctocephalus australis)*, b. Tümmlers *(Tursiops truncatus)* (unvollständige Füllung), c. See-Elefanten *(Mirounga leonina)*

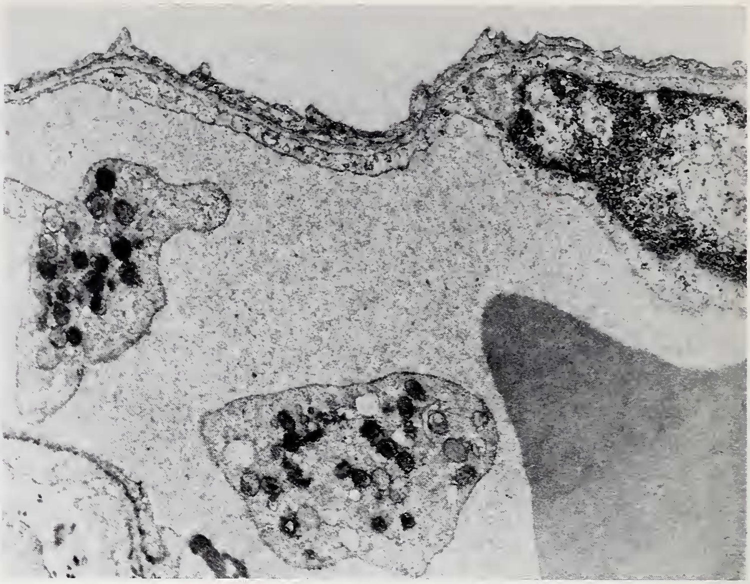


Abb. 4. Blut-Luft-Weg der Lunge eines Seehundes *(Phoca vitulina).* In der Lichtung zwei Thrombozyten und ein Erythrozyt (Elektr. mikr. Vergrößerung: 6250fach, Endvergrößerung: 23 125fach, Archiv Nr. 2629/E)

zuletzt dadurch bedingt, daß diese Tiere eine größere Menge von Sauerstoff speichern können. Sie tun dies jedoch nicht in ihren Lungen, da sie nur mit einem relativ geringen Inspirationsvolumen tauchen (Slijper). Diese Tiere haben aber eine sehr hohe Haemoglobinkonzentration, wobei die Sauerstoffaffinität herabgesetzt ist, so daß der Sauerstoff mit großer Geschwindigkeit an die Gewebe und insbesondere an das Myoglobin abgegeben werden kann. Nach unseren Bestimmungen ist die Muskulatur der Wale und Robben, aber auch die der Pinguine sehr reich an Myoglobin, dem eine Speicherfunktion zukommt, und hat daher eine fast schwarz-rote Farbe. Wir haben das Myoglobin von einem Finnwal, einem Tümmler und verschiedenen Robben sowie auch einiger Vögel spektrometrisch und elektrophoretisch untersucht. Bei all diesen Spezies ist ebenso wie beim Menschen das Myoglobin mikroheterogen (Abb. 1). Die Chromoproteinkonzentration ist beim Seehund sehr hoch und beträgt in der der



Abb. 5. Vergleich zwischen den Alveolarsepten des Seehundes *(Phoca vitulina)* (oben) und des Tümmlers *(Tursiops truncatus)* (unten) (Vergrößerung a + b: 500fach)

Fortbewegung dienenden Muskulatur etwa das 8fache der des Menschen. Im Herzmuskel dagegen ist die Konzentration nur etwa doppelt so hoch (BLESSING) und ist auch in der Kaumuskulatur geringer.

Bei den tauchenden Mammaliern finden wir aber noch besondere Anordnungen des Gefäßsystems, welche die Sauerstoffversorgung von Herz und Gehirn während des Tauchvorganges unterstützen. Beim Seehund haben wir z. B. ein Gefäß beobachten können, das aus der rechten Coronararterie entspringt und über der vorgewölbten Pulmonalarterie auf die Vorderwand des linken Ventrikels zieht und hier in das Versorgungsgebiet der linken Herzkranzarterie, insbesondere des Ramus descendens anterior einstrahlt (Abb. 2). Wir möchten annehmen, daß dadurch eine besonders gute Durchblutung der Herzmuskulatur gewährleistet wird. Bei anderen Tauchtieren, wie z. B. bei einem Tümmler, bei einem See-Elefanten, einem Seebären und einer Klappmütze, haben wir diese Gefäßanordnung nicht beobachten können (Abb. 3). Es wäre sehr interessant festzustellen, ob bei den tauchenden Mammaliern ein Shunt zwischen großem und kleinem Kreislauf über die Coronararterien bzw. zwischen Coronararterien und Ventrikellichtung besteht. Auch über eventuelle, spezialisierte morphologische Einrichtungen, die während der Zentralisation des Kreislaufes die peripheren Gefäßabschnitte kontrahieren, ist noch nichts bekannt.

Der Verlauf der großen Venen zeigt bei allen tauchenden Mammaliern eine besondere Anordnung. Die sog. Retia mirabilia sind besonders von SLIJPER beschrieben und diskutiert und die Duralvenen von HARRISON und TOMLINSON beim Seehund untersucht worden. Bei allen Robben, soweit bekannt, erweitert sich die distal zweigeteilte Vena cava caudalis in der Leber sinusartig und wird oberhalb des Zwerchfelles von einem Ringmuskel umgeben (HARRISON, TOMLINSON). Wir haben zusammen mit HARTSCHEN diesen Sphincter, der nach HARRISON und TOMLINSON vom Vagus innerviert und beim Tauchen kontrahiert wird, in Serienschnitten untersucht und konnten dabei zahlreiche Druckrezeptoren vom Typ der Vater-Pacinischen Körperchen im Bereich dieses Muskels und der unmittelbar angrenzenden Zwerchfelloberfläche demonstrieren. Wir vermuten, daß diesen Rezeptoren eine Funktion als Regler zukommt, wenn sich der Muskel während des Tauchens kontrahiert und das aus der Peripherie heranströmende Blut abfängt, um

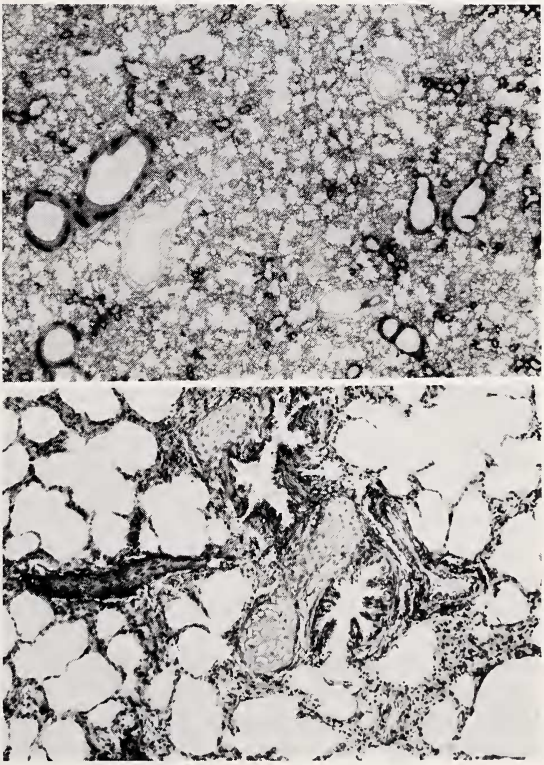


Abb. 6. Knorpelspangen und -platten in Bronchien und Bronchiolen eines Tümmlers *(Tursiops truncatus)* (oben) und in einem Bronchiolus eines Seehundes *(Phoca vitulina)* (unten) (Vergrößerung a: 4fach, b: 80fach)

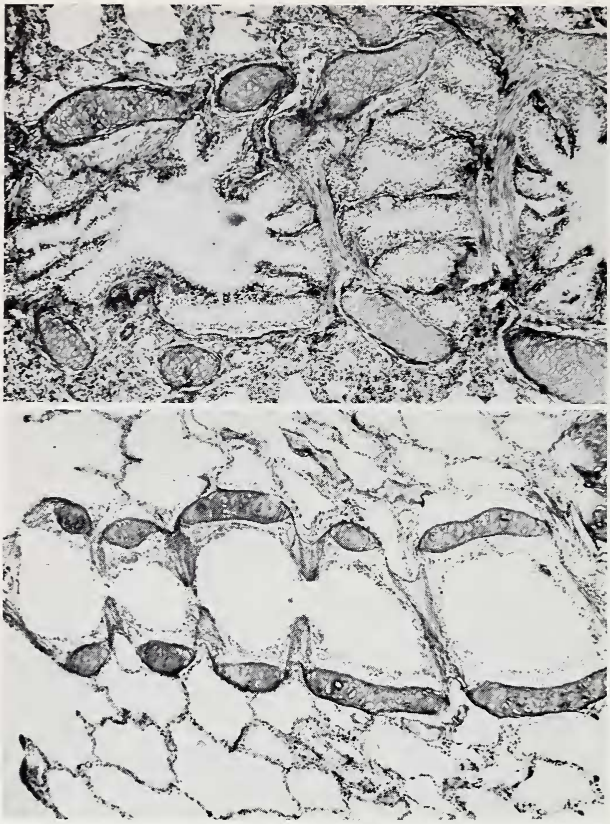


Abb. 7. Zirkuläre Bronchialmuskulatur eines Seehundes *(Phoca vitulina)* (oben) und eines Tümmlers *(Tursiops truncatus)* (unten) (Vergrößerung a: 125fach, b 80fach)

das bradycarde Herz vor einer Überbelastung zu schützen. Andere Regler bzw. Rezeptoren, die für die Sauerstoffspannung im Blut wahrscheinlich zuständig sind, haben wir zusammen mit HARTSCHEN im Supracardialraum des Seehundes und zusammen mit HORA in der Lunge beobachtet. Diese Rezeptoren haben einen ähnlichen histologischen Aufbau wie wir ihn auch beim Menschen gefunden haben (BLESSING).

In der Lunge, dem eigentlichen Aufnahmeorgan für den Sauerstoff, muß in kürzester Zeit, wenn die im Wasser lebenden Säuger auftauchen, ein Gasaustausch zwischen Alveolarraum und Kapillaren stattfinden. Der Blut-Luft-Weg muß bei diesen Tieren eine entscheidende Rolle spielen. Im elektronenmikroskopischen Bild (Abb. 4) ist der Blut-Luft-Weg beim Seehund sehr kurz und entspricht in seiner Länge etwa dem der Ratte (SCHULZ). Bei den untersuchten Robben finden wir relativ zarte Alveolarsepten, die nur eine Lage von Kapillaren aufweisen (Abb. 5 oben). Im Gegensatz dazu zeigt der von SLIJPER untersuchte Entenwal *(Hyperoodon ampullatus)* und ein von uns studierter *Tursiops truncatus* eine doppelte Lage von Kapillaren in den Alveolarsepten (Abb. 5 unten). Die elastischen Elemente in den Septen sind beim Tümmler sehr stark ausgeprägt und zeigen am freien Rande kolbenförmige Auftreibungen. Eine ähnliche Anordnung, wenn auch geringer ausgeprägt, beobachteten wir auch beim Seehund. Interessant ist, daß auch in der Lunge des Menschen sich elastisches Material dieser Art findet, wenn eine chronische Lungenstauung eingetreten ist, z. B. infolge einer Klappenschädigung des linken Herzens. Eine Gemeinsamkeit zwischen Cetaceen- und Pinnipedierlunge besteht aber auch in bezug auf das Bronchialsystem. Beide Spezies lassen bis in die kleinsten Aufzweigungen der Bronchien reichende Knorpelspangen und -platten erkennen (Abb. 6). Die kleinen Bronchien zeigen bei beiden Tierarten hintereinandergeschaltete kräftige circuläre Muskelringe. Diese gehen beim Seehund aus der stark ausgeprägten Ringmuskulatur des Bronchus hervor. Sie inserieren meist unmittelbar am Knorpel und ziehen im Längsschnitt von Knorpelspange zu Knorpelspange. Beim Tümmler dagegen entspricht die Anordnung der Ringmuskeln der von GOUDAPPEL und SLIJPER beim Entenwal *(Hyperoodon ampullatus)* beschrie-

benen. Die circuläre Bronchialmuskulatur besteht fast nur aus einzelnen Ringen, die zwischen den Knorpelspangen liegen und den Bronchus umfassen (Abb. 7). SLIJPER hat diese ringartige Anordnung der Muskeln so gedeutet, daß sie bei ihrer Kontraktion eine Ventilwirkung ausüben und bei steigendem Außendruck verhindern, daß die Alveolen gewissermaßen in die Bronchien hineingepreßt werden. Nach Untersuchungen von SCHNEIDER ist der Kehlkopf der Pinnipedier so gebaut, daß er einen sicheren Abschluß der unteren Luftwege auch beim Tauchen in größere Tiefen gewährleistet. Wir haben schon früher darauf hingewiesen, daß an den Gerinnungsmechanismus der tauchenden Mammalier besondere Anforderungen gestellt werden müssen. Das Blut dieser Tiere befindet sich in den während der Zentralisation des Kreislaufes von der Blutdurchströmung ausgenommenen Körperpartien in der Stase, d. h. einem Zustand, der einen der prädisponierenden Faktoren der Thrombose darstellt. Würden hier nicht besondere Mechanismen eingeleitet, müßten Wale und Robben häufig Gefäßverschlüsse und damit lebensbedrohliche Zustände erleiden. Die Untersuchung von Seehunden, die nach einer Verletzung verblutet waren, zeigte elektronenmikroskopisch in den Lungenkapillaren zahlreiche Thrombozyten, die z. T. aggregiert waren (Abb. 8). Wir haben zunächst angenommen, daß diese Thrombozyten erst dann aus den in Milz (Abb. 9) und Knochenmark sehr zahlreich vorhandenen Megakariozyten ausgeschüttet werden, wenn eine Verletzung eingetreten ist. Seit den neueren Untersuchungen von KRAFT wissen wir aber, daß beim Seehund — wie auch eigene Untersuchungen ergeben haben — die Thrombozytenzahl des peripheren Blutes nicht wesentlich verschieden ist von der anderer Mammalier einschließlich des Menschen. Untersuchungen, die wir zusammen mit BRÜSTER durchführen



Abb. 8. Lungenkapillare eines Seehundes (*Phoca vitulina* mit einem Erythrozyten und einem Plättchenaggregat (EM Vergrößerung: 2300fach, Endvergrößerung: 8500fach, Archiv Nr. 2625/67 D)

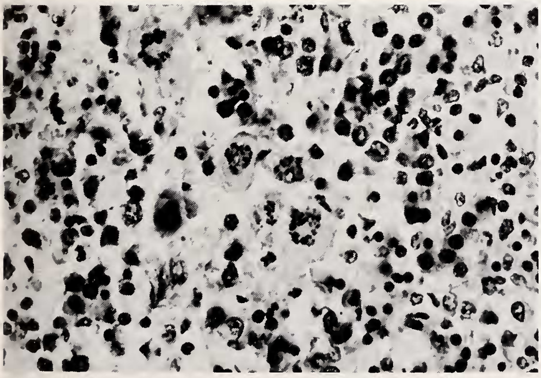


Abb. 9. Milz des Seehundes mit mehreren Megakariozyten (Vergrößerung: 500fach)

konnten, erklären, warum die Gerinnung des Robbenblutes, wie von Mohr besonders dargelegt, immer wieder in Frage gestellt wurde. Die Analyse der Gerinnungsaktivitäten des Seehundblutes zeigt, daß bei diesen Tieren die Blutungs- und Gerinnungszeit sehr kurz ist. Der Plättchenfaktor 3 ist voll aktiv, wobei die Konzentration der Plasmafaktoren V und VII sehr hoch ist.

Sowohl die Konzentration der Inhibitoren der Gerinnung, das Antithrombin II, des Fibrinogens als auch der Aktivatoren der Fibrinolyse selbst ist außerordentlich hoch und beträgt vergleichsweise das Doppelte der des Menschen. Diese Mechanismen stellen auf der einen Seite die Blutgerinnung sicher, bieten aber gleichzeitig durch Auspendeln des Gerinnungsgleichgewichtes einen ausgezeichneten Thromboseschutz, der offenbar auch nicht durch eine längere Stase, wie sie beim Tauchen vorkommt, durchbrochen werden kann. Gleichzeitig können die Elektrolyte, die Alkalireserve und eine Ansäuerung des Blutes einen Einfluß auf die Gerinnung nehmen.

Einem weiteren Organ der Pinnipedier und Cetaceen ist bisher nur wenig Beachtung geschenkt worden. Die Nieren der Pinnipedier haben einen mosaikartigen Aufbau (Abb. 10) wie er andeutungsweise auch bei einigen Landtieren gefunden wird, aber in ähnlicher oder noch stärkerer Ausprägung offenbar nur bei den Cetaceen vorkommt. In einem postmortalen Pyelogramm der Niere des Seehundes haben wir anhand der Nierenkelche etwa 160 Renculi gezählt. Über ein System von Ductuli gelangt der Harn in das schmale Nierenbecken. Das Organ zeigt ein bis zwei zuführende Nierenarterien. Der Abfluß des Blutes dagegen erfolgt über zahlreiche Oberflächenvenen im Hilusgebiet und an der dorsalen und lateralen Seite der Nieren (Abb. 11). Die Venen kommunizieren an der Oberfläche des Organes und bilden ein Netzwerk. Wie bei anderen Mammaliern besteht jeder Renculus aus Rinde, Mark und Papille. Die Papillen zeigen beim Seehund jedoch nur einen einzigen ductulus papillaris. Retrograde Pyelogramme der Nieren von See-Elefanten, Seebären, einer Klappmütze und eines Tümmlers zeigen ähnliche Befunde. Ob dieser eigentümliche Organaufbau der im Meer lebenden Säuger eine Adaptation an die Unterbrechung des Blutstromes während des Tauchvorganges ist oder ob er evtl. einer besseren Salzausscheidung dient, vermögen wir gegenwärtig nicht zu entscheiden. Die Beobachtung von Anderson, daß der etwa 230 cm lange, im Süßwasser lebende Gangesdelphin nur etwa 80 Renculi je Niere zeigt, spricht möglicherweise dafür, daß der Organaufbau mit der Salzausscheidung in Zusammenhang gebracht werden muß. Ein genaues Studium der Freßgewohnheiten eines in unserem Laboratorium gehaltenen Seehundes hat die Vermutung aufkommen lassen, daß diese Tiere mit der Nahrung erhebliche Mengen von Wasser bzw. Seewasser aufnehmen müssen. Die Serumelektrolyte wie Kalium und Natrium zeigen unauffällige Verhältnisse, wobei das Chlor jedoch sehr niedrig ist.



Abb. 10. Oberfläche der Niere des Seehundes *(Phoca vitulina)*

In Zusammenarbeit mit Pfitzer

konnten wir dem von Corfman and Richart beschriebenen Genom der Ringelrobbe und dem von Hungerford and Snyder mitgeteilten Chromosomensatz des Seelöwen noch die dreier weiterer Pinnipedier hinzufügen. Der Seehund besitzt 16, die Klappmütze 17 und der Seebär 18 Chromosomenpaare.



Abb. 11. Kontrastmitteldarstellung der unteren Hohlvene und der oberflächigen Nierenvenen eines einige Tage alten ♀ Seehundes *(Phoca vitulina)*

Die erörterten Befunde haben insbesondere soweit sie cardiovasculäre Regulationen betreffen, eine besondere Bedeutung für die Humanmedizin. Möglicherweise können durch bessere Kenntnis ihrer Wirkungsweise und ihrer anatomischen Besonderheiten Erkenntnisse gewonnen werden, die sinngemäß auch auf Probleme des ärztlichen Handelns angewandt werden können. Es bleibt zu hoffen, daß es gelingt, Cataceen und besonders Pinnipedier, von denen viele Gruppen von der Ausrottung gefährdet sind, wie z. B. die Mittelmeermönchsrobbe *(Monachus monachus)*, das atlantische Walroß *(Odobenus rosmarus rosmarus)* der Seehundsee-Seehund *(Phoca vitulina mellonae)* und viele andere, die nur noch in wenigen Exemplaren vorkommen, zu studieren und ihre physiologischen und anatomischen Charakteristika kennenzulernen, bevor auch sie ausgerottet sind wie viele andere Tierarten in den letzten 150 Jahren. Dem Naturschutz kommt besonders unter diesen Gesichtspunkten eine wichtige wissenschaftliche Aufgabe zu.

Zusammenfassung

Es wird auf eine Reihe anatomischer und physiologischer Adaptationen der im Wasser lebenden Säugetiere eingegangen. Dem Myoglobin kommt während der Tauchapnoe eine besondere Bedeutung als Sauerstoffspeicher zu. Das Myoglobin des Seehundes ist elektrophoretisch mikroheterogen. Der Seehund zeigt bei postmortalen Angiogrammen einen aczessorischen anterioren Coronararterienast. Der feingewebliche Aufbau der Lunge wird dargestellt und auf den Blut-Luft-Weg sowie besondere zirkuläre Bronchialmuskeln hingewiesen. Chromosomenzahl und Eigenarten des Gerinnungssystems werden besprochen. Der Aufbau der Nieren und die Gefäßversorgung werden erläutert.

Summary

Some of the anatomical and physiological adaptations in marine mammals are discussed. Myoglobin functiones as a oxygen store during the diving period. The myoglobin of the seal is microheterogeneous electrophoretically. The seal shows an accessory coronary branch in postmortal angiogramms. The histological picture of the lung is demonstrated and the blood-air-pathway and peculiar circular bronchial muscles are discussed. Number of chromosoms of some aquatic mammals and certain facts of the coagulations system are reported. The structures of the kidneys and the vascular arrangement are explained.

Literatur

Andersen, H. T. (1959): Depression of Metabolism in the Duck during Experimental Diving. Acta physiol. scand. 46, 234—239.
— (1963): Factors Determining the Circulatory Adjustments to Diving. II. Asphyxia. Acta physiol. scand. **58**, 186—200.
— (1963): The Reflex Nature of the Physiological Adjustments to Diving and their Afferent Pathway. Acta physiol. scand. **58**, 263—273.
Anderson, J. (1878): Anatomical and zoological researches comprising an account of the zoological results of two expeditions to western Yunnan 1868—1878. London.
Bert, P. (1870): Lecous sur la Physiologie Comparée de la Respiration. Baillière, Paris.
Blessing, M. H. (1963): Über Glomuszellen im Supracardialraum. Klin. Wschr. **20**, 1025—1026.
— (1967): Über den Myoglobingehalt des Herzmuskels des Menschen. Arch. Kreislaufforsch. **52**, 236—278.
Blessing, M. H., und Hartschen, A.: Beitrag zur Anatomie des Cavasphincters des Seehundes *(Phoca vitulina* L.) Anat. Anz. (Im Druck).
— Glomera im Supracardialraum des Seehundes *(Phoca vitulina* L.) (In Vorbereitung).
Blessing, M. H. und Hora, B. (1968): Glomera in der Lunge des Menschen. Z. Zellforsch. **87**, 562—570.
Brick, I. (1966): Circulatory responses to immersing the face in water. J. appl. Physiol. **21**, 33—36.
Brüster, H., und Blessing, M. H.: Unveröffentlicht.
van Citters, R. L., Franklin, D. L., Smith, O. A., Watson, N. W., and Elsner, R. W. (1965): Cardiovascular adaptations to diving in the northern elephant seal *(Mirounga angustirostris).* Comp. Biochem. Physiol. 16, 267—276.
Corfman, P. A., and Richart, R. M. (1964): Chromosomes of the ring seal. Nature **204**, 502—503.
Craig, A. B. jr. (1963): Heart rate responses to apneic underwater diving and to breath holding in man. J. appl. Physiol. **18**, 854—862.
Elsner, R. W., Hornbein, T. F., and Wright, J. (1964): Blood flow distribution in diving mammals. Fed. Proc. **23**, III.
Elsner, R., Franklin, D. L., van Citters, R. L., and Kenney, D. W. (1966): Cardiovascular defense against asphyxia. Science **153**, 941—949.
Feigl, E., and Folkow, B. (1963): Cardiovascular responses in "diving" and during brain stimulation in ducks. Acta physiol. scand. **57**, 99—110.
Goudappel, J. R., and Slijper, E. J. (1958): Microscopic structure of the lungs of the bottlenose whale. Nature (Lond.) **182**, 479.
Harrison, R. J. (1961): Experiments with diving seals. Proc. roy. Inst. G. B. **38**, 414—429.
Harrison, R. J., Tomlinson, J. D. W., and Bernstein, L. (1954): The caval sphincter in *Phoca vitulina.* Nature (Lond.) **173**, 86—87.
Harrison, R. J., and Tomlinson, J. D. W. (1956): Observations on the venous system in certain Pinnipedia and Cetacea. Proc. Zool. Soc. Lond. 126, 205—233.
— (1958): Vascular modifications and experimental diving in *Phoca vitulina.* J. Anat. (Lond.) **92**, 658.
— (1960): Normal and experimental diving in the Common Seal *(Phoca vitulina).* Mammalia **24**, 386.
— (1963): Anatomical, and physiological adaptation in diving mammals. Viepoints in Biology **2**, 115—162.
Hungerford, D. A., and Snyder, R. L. (1964): Karyotypes of two more mammals. The American Naturalist **98**, 125—127.
Huxley, F. M. (1913): On the reflex nature of apnoe in the duck in diving. II. Reflex postural apnoea. Quart. J. exp. Physiol. 6, 159—182.
Irving, L. (1934): On the ability of warm blooded animals to survive without breathing. Sci. Monthly **38**, 422—428.
— (1938): Changes in the blood flow through the brain and muscles during the arrest of breathing. Amer. J. Physiol. **122**, 207—214.
— (1938): Control of respiration in diving animals. Amer. J. Physiol. **123**, 107.
— (1938): The insensitivity of diving animals to CO_2. Amer. J. Physiol. **124**, 729—734.
— (1939): Respiration in diving mammals. Physiol. Rev. **19**, 112—134.
— (1963): Bradycardia in human divers. J. appl. Physiol. **18**, 489—491.
Irving, L., Scholander, P. F., and Grinnell, S. W. (1941): The respiration of the porpoise, *Tursiops truncatus.* J. cell. comp. Physiol. **17**, 145—168.
Irving, L., Solandt, O. M., Solandt, D. Y., and Fisher, K. C. (1935): Respiratory characteristics of the blood of the seal. J. cell. comp. Physiol. 6, 393—403.

KRAFT, H. (1962): Blutuntersuchungen beim europäischen Seehund *(Phoca vitulina* L.). Nord. Vet.-med. **14**, Suppl. 1, 174—179.
LILLY, J. C.: Persönliche Mitteilung an Professor MEESSEN.
MOHR, E. (1952): Die Robben der europäischen Gewässer. Monograph. d. Wildsäugetiere XII. Verlag Schöps, Frankfurt/Main.
MURDAUGH, H. V., SCHMIDT-NIELSEN, B., WOOD, J. W., and MITCHELL, W. L. (1961): Cessation of renal function during diving in the trained seal *(Phoca vitulina)*. J. cell. comp. Physiol. **58**, 261—265.
MURDAUGH, H. V., BRENNON, J. K., PYRON, W. W., and WOOD, J. W. (1962): Function of the inferior vena cava valve of the harbour seal. Nature (Lond.) **194**, 700—701.
PFITZER, P., and BLESSING, M. H.: New chromosomnumbers of some Pinnipedia. Nature (im Druck).
RICHET, C. (1899): De la resistance de cavards à l'asphyxie. J. Physiol. Pathol. gén. 641—650.
SLIJPER, E. J. (1959): On the vascular system of Cetacea. Proc. int. Congr. Zool. **15**, 309—311.
— (1962): Whales. Hutchinson & Co. London.
— (1962): Riesen des Meeres. Eine Biologie der Wale und Delphine. Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
SCHNEIDER, R. (1962): Vergleichende Untersuchungen am Kehlkopf der Robben (Mammalia, Carnivora, Pinnipedia). Morpholog. Jahrbuch **103**, 177—262.
— (1963): Der Kehlkopf der Klappmütze *(Cystophora cristata* Erxleben, 1777). Ein weiterer Beitrag zur vergleichenden Anatomie des Robbenkehlkopfes. Anat. Anz. **112**, 54—68.
SCHOLANDER, P. F. (1940): Experimental investigations on the respiratory function in diving mammals and birds. Hvalradets Skrifter **22**, 131.
SCHOLANDER, P. F., IRVING, L., and GRINNELL, S. W. (1942): On the temperature and metabolism of the seal during diving. J. cell. comp. Physiol. **19**, 67—78.
— (1942): The regulation of arterial blood pressure in the seal. Amer. J. Physiol. **135**, 557—566.
— (1942): Aerobic and anaerobic changes in seal muscles during diving. J. biol. Chem. **142**, 431—440.
SCHULZ, H. (1962): Some remarks on the sub-microscopic anatomy and pathology of the blood-air pathway in the lung. Ciba Foundation Symposion on Pulmonary Structure and Function, 205—210.
WYSS, V. (1956): Elektrocardiogramm di soggetti in apnea durante immersione in acqua a profondita diverse. Boll. Soc. ital. Biol. sper. **32**, 503.

Anschrift des Verfassers: Priv.-Dozent Dr. med. M. H. BLESSING, Pathologisches Institut, 4 Düsseldorf, Moorenstraße 5

Dokumente über *Anomalurus* und *Idiurus* des östlichen Kongo[1]

Von U. RAHM

Eingang des Ms. 15. 11. 1967

Die Familie der Anomaluridae umfaßt zwei Unterfamilien: die Anomalurinae mit der Gattung *Anomalurus* und die Zenkerellinae mit den Gattungen *Idiurus* und *Zenkerella*. Unsere Beobachtungen betreffen *Anomalurus* und *Idiurus*, die drei morphologische Eigenheiten aufweisen, die äußerlich an den Tieren leicht festzustellen sind: Die Hornschuppen an der Basis der Schwanzunterseite, den Knorpelstab am Ellbogen und die „Flughaut", die richtiger als Fallschirmhaut bezeichnet wird (vergl. RAHM 1960, Abb. 4). Als echte Baumbewohner und Nachttiere führen die Dornschwanzhörnchen *(Anomalurus)* und die Flugbilche *(Idiurus)* eine verborgene Lebensweise, und es ist deshalb nicht erstaunlich, daß nur wenige Angaben und Beobachtungen über sie vorliegen. Es scheint uns deshalb gerechtfertigt, unsere Aufzeichnungen hier festzuhalten.

[1] Die Arbeit wurde unterstützt durch das U. S. Army Medical Research and Development Command (Grant no DA ARO—49—092—66 G 117).